

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平8-38447

(43) 公開日 平成8年(1996)2月13日

(51) IntCl<sup>6</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

A 6 1 B 5/055

G 0 1 R 33/36

7638-2J

A 6 1 B 5/ 05

3 7 0

G 0 1 N 24/ 04

5 3 0 Y

審査請求 未請求 請求項の数1 F D (全 5 頁)

(21) 出願番号

特願平6-199094

(22) 出願日

平成6年(1994)7月31日

(71) 出願人 000001993

株式会社島津製作所

京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地

(72) 発明者 三浦 嘉章

京都府京都市中京区西ノ京桑原町1番地株

式会社島津製作所三条工場内

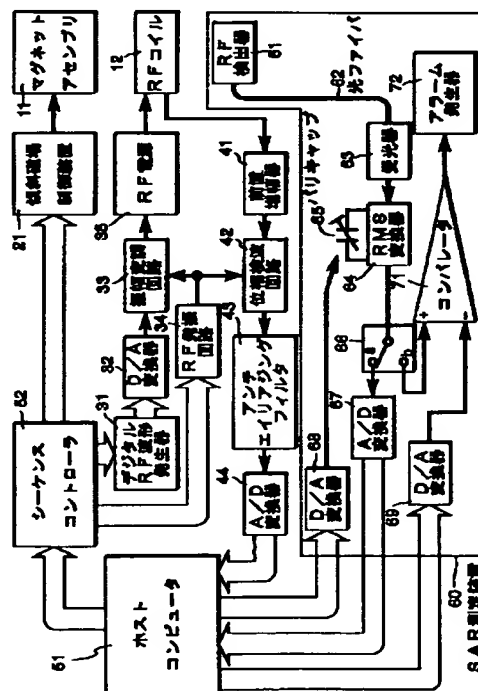
(74) 代理人 弁理士 佐藤 祐介

(54) 【発明の名称】 核磁気共鳴検査装置

(57) 【要約】

【目的】 より正確にSAR測定を行なう。

【構成】 SAR測定装置60において、RF検出器61と光ファイバ62と受光器63とRMS変換器64とにより照射RF電力の平均電力を求め、これと、ホストコンピュータ51からD/A変換器69を経て与えられた、SAR上限値を平均電力へ変換した値とを、コンパレータ71で比較し、アラーム発生器72を動作させる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 静磁場および傾斜磁場を発生する磁場発生手段と、該磁場中に置かれた被検体にRFパルスを照射する手段と、実際に照射されたRF電力が誘導される導体エレメントを有する照射RF電力測定手段と、NMR信号を受信して検波しさらにデジタルデータに変換する受信手段と、該受信手段から得たデータを処理するデータ処理手段と、これらを制御して所定のパルスシーケンスを実行させる制御手段と、あらかじめ行なう被検体半径検出用シーケンスで得た被検体半径値と実行するパルスシーケンスのパラメータとを用いて算出したSAR値とこのパルスシーケンスのRFパルスを被検体を取り除いた状態で照射したときに測定したRF電力値との関係に基づいてSAR上限値を換算したRF電力値と、そのパルスシーケンスのRFパルスを被検体を置いた状態で照射したときに測定したRF電力値とを比較してアラーム動作を行なう手段とを備えることを特徴とする核磁気共鳴検査装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】この発明は、核磁気共鳴現象（MR現象）を利用してイメージングやスペクトロスコピー測定を行なう核磁気共鳴検査装置に関し、とくに局所最大吸収電力（SAR）の測定機能を有する核磁気共鳴検査装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】核磁気共鳴検査装置では、被検体（人体）にRF電力の照射を行なうため、その電磁波エネルギーが被検体に吸収され、被検体において加熱が発生することが知られている。そこで、被検者の安全のため、米国のFDA（Food and Drug Administration）の勧告により、SARがヘッドコイルで $3.2\text{W/kg}$ 、ボディコイルで $0.4\text{W/kg}$ 以下となるように、パルスシーケンスが設計されている。

【0003】SARの算定については通常Bottomleyの式が用いられ、その算定のため関心領域内での被検体の半径と被検体に照射されるRF電力とを測定する必要がある。関心領域内での被検体の半径は、実際には測定することが難しいため、従来では撮像部位に応じて類型化した一定の値を用いている。また、従来では、RF電力の測定値として、RF電源の進行波出力の値を用いている。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、従来では、SARの測定精度が悪いという問題がある。すなわち、被検体の半径として、部位ごとに類型化した値を用いるのではいかにも不正確であるし、また、RF電源の進行波出力は実際の被検体へのRF照射電力ではないからである。そのため、従来では、安全性の見地から余裕を見て照射RF電力の制限を行なわざるを得ず、結果と

して不必要に励起パルス系列を制限することになっていた。

【0005】この発明は上記に鑑み、より正確にSAR測定を行なうことができ、結果として被検者の安全が十分に確保され、しかも不必要に励起パルス系列を制限することがなく装置の性能を十分に発揮できるように改善した、核磁気共鳴検査装置を提供することを目的とする。

## 【0006】

10 【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するため、この発明による核磁気共鳴検査装置においては、静磁場および傾斜磁場を発生する磁場発生手段と、該磁場中に置かれた被検体にRFパルスを照射する手段と、実際に照射されたRF電力が誘導される導体エレメントを有する照射RF電力測定手段と、NMR信号を受信して検波しさらにデジタルデータに変換する受信手段と、該受信手段から得たデータを処理するデータ処理手段と、これらを制御して所定のパルスシーケンスを実行させる制御手段と、あらかじめ行なう被検体半径検出用シーケンスで得た被検体半径値と実行するパルスシーケンスのパラメータとを用いて算出したSAR値とこのパルスシーケンスのRFパルスを被検体を取り除いた状態で照射したときに測定したRF電力値との関係に基づいてSAR上限値を換算したRF電力値と、そのパルスシーケンスのRFパルスを被検体を置いた状態で照射したときに測定したRF電力値とを比較してアラーム動作を行なう手段とを備えることが特徴となっている。

20 【0007】照射RF電力測定手段は、導体エレメントに誘導されたRF電力により駆動される発光素子と、その光を伝達する光ファイバと、伝達された光を電気信号に変換する光電変換素子とから構成することができる。

## 【0008】

30 【作用】SAR値は、実行するパルスシーケンスのパラメータと、被検体半径値とがわかれば算出できる。被検体半径値は、被検体を置いた状態で、被検体半径検出用シーケンスを行なえば検出することができる。一方、実際に照射されたRF電力が誘導される導体エレメントを有する照射RF電力測定手段により、実際に照射されたRF電力を測定することができる。そこで、上記の実行するパルスシーケンスのRFパルスを、被検体を取り除いた状態で照射し、そのときRF電力を測定する。すると、無負荷時における、SAR算出値と測定RF電力値との関係がわかる。この関係を用いることにより、あらかじめ決まっているSARの上限値をRF電力の測定値に換算することができる。そこで、このSAR上限値をRF電力値に換算したものと、被検体を置いた状態で上記のパルスシーケンスのRFパルスを照射したときに測定したRF電力値とを比較することにより、被検体を置いた状態で上記のパルスシーケンスを実行したときSAR上限値を超えるものかどうかができる。

3

【0009】導体エレメントに誘導されたRF電力をいったん光に変換して光ファイバで伝達し、再び電気信号に変換するようにすれば、雑音の混入を防いで、照射RF電力の測定を精度高く行なうことができる。

【0010】

【実施例】以下、この発明の好ましい一実施例について図面を参照しながら詳細に説明する。この発明の一実施例にかかる核磁気共鳴検査装置は図1に示すように構成されている。この図1において、マグネットアセンブリ11には、静磁場を発生するための主マグネットと、この静磁場に重畳する傾斜磁場を発生する傾斜磁場コイルが含まれる。傾斜磁場は、傾斜磁場コイルにより、X、Y、Zの3軸方向に磁場強度がそれぞれ傾斜するものとして発生させられる。これら3軸方向の傾斜磁場の1つを選択し、あるいはそれらを組み合わせて、スライス選択用傾斜磁場、読み出し及び周波数エンコード用傾斜磁場、位相エンコード用傾斜磁場が任意の方向のものとされる。

【0011】この静磁場及び傾斜磁場が加えられる空間には図示しない被検体が配置される。この被検体には、RFパルスを被検体に照射するとともにこの被検体で発生したNMR信号を受信するためのRFコイル12が取り付けられている。さらにこの被検体の近傍にはRF検出器61が配置される。

【0012】マグネットアセンブリ11の傾斜磁場コイルに流す電流は傾斜磁場制御装置21より与えられる。傾斜磁場パルスに対応するパルス電流の波形は傾斜磁場制御装置21によって制御される。波形データはシーケンスコントローラ52から傾斜磁場制御装置21に与えられ、これにより、スピンエコー法やグラジエントエコー法などのパルスシーケンスで必要な波形のパルスとされた、スライス選択用、読み出し用および位相エンコード用の各傾斜磁場が発生させられることになる。

【0013】RFパルスは、RF発振回路34からのRFキャリア信号を振幅変調回路33で振幅変調し、その変調出力でRF電源35を駆動し、RFコイル12にRF電力を供給することにより、被検体に照射する。RF発振回路34はシーケンスコントローラ52によって制御されており、被検体の共鳴周波数に対応する周波数のRFキャリア信号を発生する。振幅変調信号は、シーケンスコントローラ52の制御下でデジタルRF波形発生器31から発生させられたデジタルのRFパルス波形をD/A変換器32でアナログに変換して得る。

【0014】このようなRFパルスによって励起されることにより、被検体においてNMR信号が生じ、このNMR信号はRFコイル12によって受信され、前置増幅器41を経て位相検波回路42に送られて位相検波される。この位相検波のためのリファレンス信号として上記のRF発振回路34からのRF信号が送られている。位相検波によって得られた信号は、アンチエイリアジング

4

フィルタ43を経てA/D変換器44に送られ、所定のサンプリングタイミングでサンプルされ、デジタルデータに変換される。A/D変換器44から得られたデータはコンピュータ51に取り込まれる。コンピュータ51は、収集したデジタルデータから画像を再構成する処理などを行なう。またこのコンピュータ51は、種々の撮像スキャンを構成するパルスシーケンスに応じて、シーケンスコントローラ52を制御する。

【0015】さらに、この実施例にかかる核磁気共鳴検査装置には、上記のRF検出器61を含んで構成されるSAR測定装置60が備えられている。RF検出器61は、たとえば図2に示すように、コイル状の導体エレメント81と、これに誘導されたRF電力で駆動される発光ダイオード(LED)82とからなる。この発光ダイオード82の光が光ファイバ62により伝達され、受光器63にまで導かれる。受光器63は図2に示すようにたとえばフォトトランジスタ83などの光電変換素子を含み、これにより伝達されてきた光を電気信号に変換する。コイル状の導体エレメント81に誘導されるRF電力は波形91に示すようにエンベロープが所定の波形とされたRF信号であるが、フォトトランジスタ83からはそのRF信号を振幅検波してエンベロープの波形のみとした信号が得られる。

【0016】この受光器63の出力はRMS変換器64に送られる。このRMS変換器64は、可変容量素子(バリキャップ)65を用いて入力信号の一種の積分動作を行なうことにより、入力信号を平均電力(RMS)に変換する。実行しようとするパルスシーケンスが定まったら、その繰り返し時間TRに応じてこのバリキャップ65の容量を設定すれば、1個のRFパルスの照射でも、それをTRで繰り返したときの平均電力に対応した出力を得ることができる。そのため、実行しようとするパルスシーケンスが設定されたとき、ホストコンピュータからTRに関する情報をD/A変換器68に入力し、アナログ信号に変換してバリキャップ65の容量設定信号として与える。

【0017】RMS変換器64からのRMS値信号はa側に倒されたスイッチ66を経てA/D変換器67に送られ、デジタルデータに変換された後、ホストコンピュータ51に取り込まれる。スイッチ66がb側に倒されているときは、RMS変換器64からのRMS値信号はコンパレータ71に送られて、ホストコンピュータ51から送られたSAR上限値をD/A変換器69でアナログ信号に変換したものと比較される。このコンパレータ71の出力に応じてアラーム発生器72が動作する。

【0018】まず、実際に被検体に対して所定のパルスシーケンスを実行する前に、その被検体の関心領域内の半径Rを測定する。そのため、その被検体を置いた状態で図3で示すようなパルスシーケンスを行なう。このパルスシーケンスは2回の繰り返しからなり、その各繰

5

り返しにおいて、フリップ角 $\alpha$ の励起RFパルスとともに傾斜磁場 $G_z$ パルスを加えてZ方向の所定のスライス面を選択励起する。そして最初の繰り返しでは傾斜磁場 $G_x$ パルスを読み出し用傾斜磁場パルスとして印加し、グラジェントエコー信号 $S_1$ を発生させる。このとき傾斜磁場 $G_y$ パルスは印加しない。そこで、この信号 $S_1$ から得たデータをフーリエ変換すれば、X方向のアリファイルが得られることになり、これから被検体のスライス面でのX方向の幅 $L_x$ を求めることができる。2回目の繰り返しでは、読み出し用傾斜磁場パルスとして $G_y$ パルスが印加され、 $G_x$ パルスは零としている。そこで、このグラジェントエコー信号 $S_2$ から得たデータをフーリエ変換することにより、Y方向の幅 $L_y$ を得る。この $L_x$ 、 $L_y$ の平均値の $1/2$ の値を得れば、これを被検体の半径 $R$ の値として用いることができる。この演算はホストコンピュータ51において行なわれ、そのR値はホストコンピュータ51に保持される。

【0019】一方、これとは別に、実際に被検体に対して所望のパルスシーケンスを実行する前に、その被検体を取り除いた状態で、そのパルスシーケンスで用いる最大パワーのRFパルスを少なくとも1回照射し、あるいは数秒程度の間そのパルスシーケンスの繰り返し時間 $T_R$ に応じて繰り返す。このRFパルス照射時のRMS値がRMS変換器64により得られるので、このRMS値（これを $RMS_a$ とする）がこのときa側に倒されたスイッチ66およびA/D変換器67を経て、ホストコンピュータ51に入力される。

【0020】他方で、ホストコンピュータ51では、上記のR値と、上記の実際に行なおうとしている所望のパルスシーケンスのパラメータとからSAR値を算出する演算が行なわれている。このSAR値は、ここではつぎの式1で示すようなBottomieyの式を用いて算出することとしている。

【数1】

$$SAR = \frac{6.81 \times 10^{-24} \times F^2 \times R^2}{P \times s \times t \times T} \times n$$

なお、この式で、Fは核磁気共鳴周波数、Rは上記の通り被検体の半径、Pは組織電気抵抗、sは組織比重、Tは励起RFパルスと同一エネルギー・同一最大振幅の方形波の送出時間、 $1/t$ は1秒間の励起パルス数、nは補正係数である。こうして得たSAR値を $SAR_a$ とすると、上記の $RMS_a$ との間には比例関係があるので、 $RMS_a/SAR_a = k$ から比例係数kを求める。

【0021】ホストコンピュータ51には、SARの上限値があらかじめ入力されている。このSARの上限値は、たとえば、ヘッドコイルで $3.2W/kg$ 、ボディコイルで $0.4W/kg$ である。このSAR上限値（ $SAR_c$ とする）が、コンピュータ51において上記の比例係数kを用いることにより、ここで実行しようとして

6

いるパルスシーケンスにおけるRMS値に変換される。つまり、

$$RMS_c = k \times SAR_c$$

の演算を行なうことにより $SAR_c$ をRMS値に変換した値 $RMS_c$ を得る。

【0022】つぎに、実際に被検体に対して所望のパルスシーケンスを実行する前に、その被検体を置いた状態で、そのパルスシーケンスで用いる最大パワーのRFパルスを少なくとも1回照射し、あるいは数秒程度の間そのパルスシーケンスの繰り返し時間 $T_R$ に応じて繰り返す。このときスイッチ66はb側に倒されており、RMS変換器64から出力される信号はコンパレータ71に入力される。このときのRMSの値を $RMS_d$ とする。上記の $RMS_c$ はD/A変換器69に送られてアナログ信号に変換されてからコンパレータ71に入力されているので、 $RMS_d$ と $RMS_c$ との比較が行なわれる。RMSdがRMScを越えたとき、つまり

$$RMS_d \geq RMS_c$$

となったとき、SAR上限値を超えるようなRF電力照射が行なわれるパルスシーケンスであることがわかり、このときアラーム発生器72からアラームが生じる。すなわち、ここではSARをRMSに換算した上で実際のSARが定められた上限値を超えているかどうかの判定を行なっているわけであり、アラームが生じたときには上限値を超えるようなパルスシーケンス設定が行なわれているので、パルスシーケンスの再設定を促すことができる。

【0023】なお、上記の実施例において、照射RF電力を光パワーに変換して光ファイバで伝達するようにしているが、誘導されたRF電力をそのまま導体のケーブルで伝達しノイズ等はフィルタで除去するよう構成することも可能である。また、導体エレメント81は、RFコイル12に付属させられて本来そのコイル12の同調用に用いられるサーチコイル（ピックアップコイルともいう）を用いてもよい。その他、具体的な構成に関しては、本発明の趣旨を逸脱しない範囲で、種々に変更することが可能である。

【0024】

【発明の効果】この発明の核磁気共鳴検査装置によれば、より正確なSAR測定を行なうことができる。そのため、被検者の安全を十分に確保することができる。他方、SAR測定が正確であるため、安全性の見地から余裕を見て照射RF電力の制限を行なう必要がなく、不必要に励起パルス系列を制限することがなく装置の性能を十分に発揮することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この発明の一実施例にかかる核磁気共鳴検査装置のブロック図。

【図2】同実施例の一部を示す模式図。

【図3】同実施例におけるパルスシーケンスを示すタイ

7

8

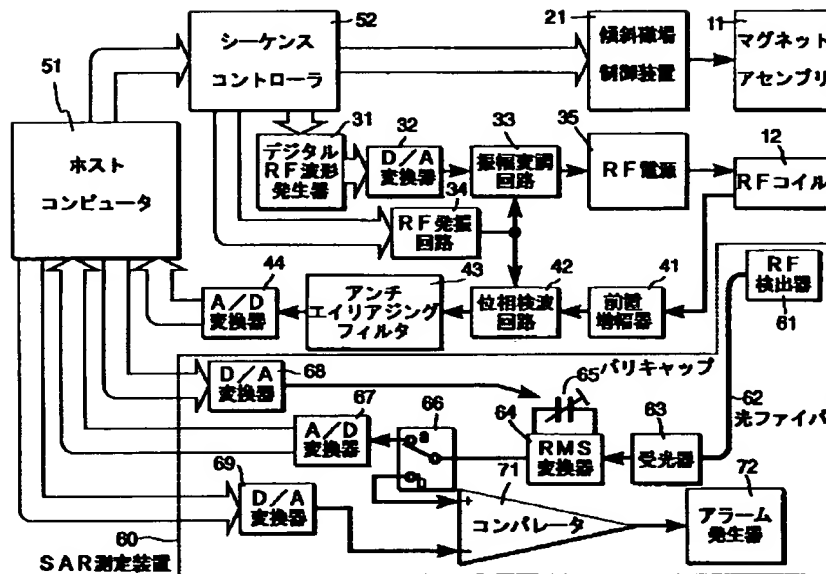
ムチャート。

【符号の説明】

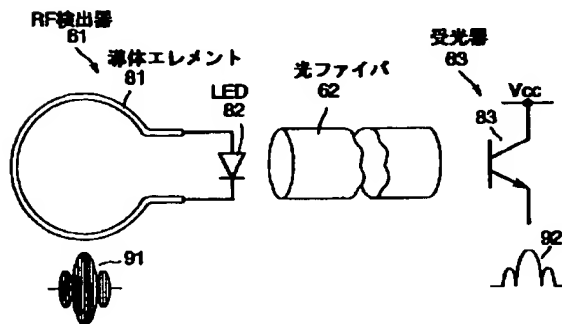
11	マグネットアセンブリ
12	RFコイル
21	傾斜磁場制御装置
31	デジタルRF波形発生器
32、68、69	D/A変換器
33	振幅変調回路
34	RF発振回路
35	RF電源
41	前置増幅器
42	位相検波回路
43	アンチエイリアジングフィルタ
44、67	A/D変換器

51	コンピュータ
52	シーケンスコントローラ
61	RF検出器
62	光ファイバ
63	受光器
64	RMS変換器
65	バリキャップ
66	スイッチ
71	コンパレータ
72	アラーム発生器
81	導体エレメント
82	発光ダイオード
83	フォトランジスタ

【図1】



【図2】



【図3】

